

# ANALISA PERBANDINGAN ALGORITMA REKURSIF LEAST SQUARE (RLS) DAN LEAST MEAN SQUARE (LMS) UNTUK SISTEM EQUALISASI ADAPTIF PADA DEMODULATOR QPSK

Fajar Nugraha<sup>1</sup>, Bambang Sumajudin<sup>2</sup>, Iswahyudi Hidayat<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[abenk111@gmail.com](mailto:abenk111@gmail.com)

## Abstrak

ISI (intersymbol interference) adalah sebuah fenomena masalah yang selalu ada dalam komunikasi dengan transmisi data yang berbasis simbol. Sebagai contoh pada modulasi demodulasi QPSK. ISI ini muncul akibat dari keterbatasan bandwidth yang dilakukan oleh filter pembatas. Sehingga mengakibatkan pelebaran pulsa yang memungkinkan terjadinya interferensi antar simbol (ISI) yang berdekatan. Distorsi-distorsi yang terjadi dapat mengakibatkan nilai error pada sisi penerima semakin besar. Sehingga perlu diminimalisasi dengan menggunakan equalizer. Karena kondisi kanal yang dilalui berubah-ubah terhadap waktu (time varying). Maka equalizer yang digunakan harus adaptif terhadap perubahan kondisi kanal tersebut. Dimana equalizer ini bekerja dengan mengatur nilai pembobot sehingga dicapai nilai optimum yang dapat meminimalisasi nilai error.

Dalam Tugas Akhir ini akan disimulasikan dan dianalisis kinerja equalisasi adaptif dengan algoritma LMS & RLS pada demodulator QPSK dalam mengatasi noise dan ISI. Agar equalizer adaptif dapat bekerja dengan baik, maka parameter-parameter equalizer perlu diset terlebih dahulu. Dari hasil simulasi diperoleh kesimpulan untuk RLS bahwa orde yang memberikan hasil optimal adalah orde 16 dengan jumlah bit adaptasi 10bit. Sedangkan untuk LMS, orde yang optimum adalah orde 4 dengan jumlah bit adaptasi 4bit. Pada kondisi ideal sistem mampu konvergen pada MSE 6,5%. Dengan adanya perubahan kanal yang semakin cepat, sistem menjadi semakin lambat menuju konvergen. Sedangkan AWGN yang semakin kecil (SNR besar) maka nilai ISI pun menjadi semakin kecil. Pada LMS dengan  $\mu=0.00003$ , perubahan dari SNR 5dB menjadi 20dB sangat signifikan mempengaruhi penurunan ISI hingga 20,77%.

Kata Kunci : -

## Abstract

ISI (interference intersymbol) is a phenomenon problem which always there's in communications with data transmission which symbol bases. For example at demodulation modulation of QPSK. This ISI emerge effect of bandwidth limitation conducted by constrictor filter. So that result enlargement of conductive pulsa the happening interferensi between symbol nearby (ISI). Distortions that happened can result value of error at ever greater receiver side. So that need to minimize by using equalizer. Because condition of channel passed by to fluctuate to time (time varying). Hence used equalizer have to adaptif with change of channel condition. Where this equalizer work by arranging value of weigthing factor so that reached by optimum value able to minimize assess error.

In this Final Duty of simulation will and analysed performance of adaptif equalisation with algorithm LMS & RLS at QPSK demodulator in overcoming ISI and noise. So that adaptif equalizer can work better, hence parameters of equalizer require to be set beforehand. From result of simulation obtained conclusion for RLS that order giving optimal result is order 16 with amount of adaptation beet 10. While for the LMS, optimum order is order 4 with amount of adaptation beet 4. At ideal condition of convergent system can at MSE 6,5%. With existence of change channel which faster, system become tardy to progressively go to convergent. While AWGN which smaller ( bigger SNR) hence value ISI even also become smaller. At LMS with  $\mu=0.00003$ , change of SNR 5dB becoming 20dB very signifikan influence degradation of ISI till 20,77%.

Keywords : -

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

ISI (intersymbol interference) adalah sebuah fenomena masalah yang selalu ada dalam komunikasi dengan transmisi data yang berbasis simbol. Sebagai contoh pada modulasi demodulasi QPSK. ISI ini muncul akibat dari keterbatasan bandwidth yang dilakukan oleh filter pembatas. Sehingga mengakibatkan pelebaran pulsa yang memungkinkan terjadinya interferensi antar simbol (ISI) yang berdekatan. Dan ketika sinyal memasuki kanal, ISI juga dapat terjadi karena kondisi kanal yang *multipath*. Selain ISI, pada QPSK juga terjadi distorsi antar lengan yaitu lengan *in-phase* dan *quadrature*. Fenomena ini sering disebut dengan *crosstalk*. Distorsi-distorsi yang terjadi dapat mengakibatkan nilai error pada sisi penerima semakin besar.

Permasalahan distorsi yang terjadi pada QPSK tersebut dapat diminimalisasi dengan menggunakan equalizer. Proses equalisasi yang dilakukan oleh equalizer sangat dipengaruhi oleh kondisi kanal yang dilalui. Karena kondisi kanal yang dilalui berubah-ubah terhadap waktu (*time varying*). Maka equalizer yang digunakan harus adaptif terhadap perubahan kondisi kanal tersebut. Dimana equalizer ini bekerja dengan mengatur nilai pembobot sehingga dicapai nilai optimum yang dapat meminimalisasi nilai error.

Pada tugas akhir sebelumnya telah dibahas equalisasi adaptif dengan metode LMS dan RLS. Namun belum dibandingkan secara langsung dalam sebuah sistem yang sama. Sehingga dalam Tugas Akhir ini, proses equalisasi adaptif dilakukan dengan menggunakan algoritma *Rekursif Least Square* (RLS) dan *Least Mean Square* (LMS). Algoritma-algoritma ini bekerja dengan menentukan selisih antara sinyal referensi (sinyal sebenarnya) dengan sinyal output equalizer sehingga didapat nilai error. Selanjutnya akan dilakukan pengaturan terhadap nilai bobot secara adaptif. Proses adaptasi bobot dilakukan setelah beberapa bit dengan menggunakan nilai error rata-rata. Hal ini dilakukan dengan harapan lebih sesuai dengan kecepatan perubahan kanal *time varying*.

## 1.2 TUJUAN PENELITIAN

1. Memodelkan sistem modulasi dan demodulasi QPSK yang disertai dengan efek ISI, *crosstalk*, dan *noise* AWGN
2. Memodelkan sistem equalisasi adaptif dengan algoritma LMS dan RLS pada demodulator QPSK
3. Menganalisis pengaruh parameter-parameter kanal dan equalizer terhadap sistem keseluruhan.
4. Menganalisis pengaruh kanal *time varying* dan AWGN pada sistem equalisasi adaptif
5. Menganalisis dan membandingkan kinerja sistem equalisasi adaptif antara algoritma LMS dan algoritma RLS dalam menanggulangi adanya ISI, *crosstalk* dan *noise* AWGN
6. Menganalisis pengaruh ketidaksempurnaan carrier recovery terhadap nilai ISI.

## 1.3 RUMUSAN MASALAH

Masalah yang akan dirumuskan dalam tugas akhir ini adalah:

- 1 Bagaimana pemodelan sistem modulasi dan demodulasi QPSK yang disertai dengan efek ISI, *crosstalk*, dan *noise* AWGN
- 2 Bagaimana pemodelan equalisasi adaptif dengan algoritma LMS dan RLS pada demodulator QPSK.
- 3 Bagaimana perbandingan kinerja sistem equalisasi adaptif antara algoritma LMS dan algoritma RLS dalam menanggulangi adanya ISI, *crosstalk* dan *noise* AWGN.
- 4 Bagaimana pengaruh perubahan nilai parameter-parameter equalizer terhadap kinerja equalizer.
- 5 Bagaimana pengaruh ketidaksempurnaan carrier recovery dalam menghasilkan sinyal carrier yang sama dengan sinyal carrier pengirim.

## 1.4 BATASAN MASALAH

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan pembatasan-pembatasan masalah sebagai berikut:

---

*Analisis Perbandingan Algoritma RLS dan LMS untuk Sistem Equalisasi Adaptif pada Demodulator QPSK*

1. Teknik modulasi dan demodulasi yang digunakan pada pengirim dan penerima adalah QPSK.
2. Model kanal yang disimulasikan adalah kanal AWGN dan kanal *time varying*.
3. Derau pada sistem diasumsikan AWGN (*Additive White Gaussian Noise*).
4. Algoritma yang digunakan dalam Adaptif Equalizer adalah algoritma *Least Mean Squarer* (LMS) dan *Recursive Least Squares* (RLS).
5. Sinyal referensi  $d(n)$  yang dipakai adalah hasil deteksi menggunakan metode *decision direct* dan dianggap benar.
6. *Carrier Recovery* pada penerima dianggap sempurna.
7. *Tool* yang digunakan untuk simulasi adalah Matlab 7.01.

## 1.5 METODE PENELITIAN

1. Studi literature  
Pencarian dan pengumpulan literatur-literatur berupa artikel, jurnal-jurnal ilmiah, buku-buku referensi, dan sumber lain yang berhubungan dengan topik Tugas Akhir ini
2. Pemodelan sistem modulasi dan demodulasi QPSK yang disertai equalizer adaptif pada QPSK
3. Melakukan simulasi sistem dengan menggunakan *tool* Matlab 7.01
4. Melakukan analisis sistem untuk pengujian kemampuan sistem equalisasi adaptif pada QPSK
5. Pengambilan kesimpulan dari hasil simulasi dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

## 1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

### BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang gambaran umum dari penelitian, meliputi: latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

## BAB II : DASAR TEORI

Menjelaskan tentang dasar-dasar teori yang mendukung dan melandasi penulisan tugas akhir ini.

## BAB III : PEMODELAN SISTEM DAN SIMULASI

Membahas tentang pemodelan sistem equalizer adaptif pada demodulator QPSK, dari pengirim sampai penerima serta simulasi sistem dengan menggunakan matlab 7.01.

## BAB IV : ANALISIS PERFORMANSI SISTEM

Berisi tentang analisis dari hasil simulasi adaptif equalizer yang pada demodulator QPSK dengan algoritma LMS dan RLS berupa data, grafik, gambar dan tabel.

## BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk pengembangan selanjutnya.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Dari penelitian tentang analisa perbandingan algoritma RLS dan LMS untuk sistem equalisasi adaptif pada demodulator QPSK, diperoleh kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem memiliki kemampuan konvergensi untuk nilai parameter step-size yang diujikan yaitu  $\mu=0.00001$ ,  $\mu=0.00003$ ,  $\mu=0.00005$ , dan  $\mu=0.00009$  dengan nilai MSE 6,5%. Sehingga sistem bisa diujikan untuk menganalisa perubahan parameter-parameter yang ingin diketahui.
2. Algoritma LMS sangat tergantung pada nilai parameter *step size* yang digunakan. Semakin besar parameter *step size* yang digunakan, maka kecepatan konvergensi sistem akan semakin cepat, namun nilai ISI hasil equalisasi juga akan semakin besar, sehingga harus ada kompromi antara kecepatan konvergensi dengan nilai ISI. Sehingga untuk mendapatkan nilai ISI yang rendah dibawah 50%, maka nilai parameter step-size yang dipakai adalah  $\mu=0.00001$  yang menghasilkan nilai ISI rata-rata 47% untuk semua nilai SNR yang diujikan.
3. AWGN memberikan pengaruh dalam proses konvergensi sistem bahwa semakin besar AWGN (SNR semakin kecil) maka semakin memperlambat pencapaian konvergensi dan menghasilkan nilai ISI yang semakin besar. Adanya *noise* AWGN menyebabkan kinerja equalizer dalam menangani ISI menjadi terganggu.
4. Performansi sistem equalisasi adaptif QPSK sangat tergantung pada kecepatan perubahan kanal *time varying*. Semakin cepat perubahan kanal, maka kemampuan sistem equalisasi adaptif dalam menanggulangi ISI dan *crosstalk* akan semakin menurun yaitu konvergensi lama dan nilai ISI besar. Dari hasil penelitian, equalisasi adaptif QPSK tidak mampu lagi untuk konvergen saat kecepatan perubahan kanal 100 kali dan AWGN dengan SNR=20dB selama proses transmisi sinyal pada jumlah tap = 8.

5. Pada RLS, forgetting factor memberikan pengaruh terhadap panjang memori dan waktu berhenti iterasi. Semakin besar nilai forgetting factor maka semakin panjang memori yang dimiliki sistem sehingga memiliki kemampuan iterasi yang lama. Nilai forgetting factor  $\lambda=1$  dipakai untuk mengamati konvergensi sistem dalam jangka waktu yang lama karena memori sistem yang dimiliki tidak terbatas.
6. Semakin besar jumlah tap filter yang digunakan pada sistem equalisasi adaptif QPSK, maka performansi sistem equalisasi adaptif akan semakin meningkat. Namun ketika jumlah tap makin besar, maka kenaikan performansi sistem dalam menanggulangi ISI dan *crosstalk* kurang begitu signifikan. Dengan orde yang sama, algoritma RLS memiliki kemampuan konvergensi yang lebih cepat dan rata-rata nilai ISI yang lebih rendah dibandingkan algoritma LMS. Pada algoritma LMS, orde yang optimum adalah orde 4. Sedangkan untuk algoritma RLS, orde optimum adalah orde 16. Karena memiliki grafik MSE yang konvergen dan stabil (LMS iterasi 400 & RLS iterasi 10), serta mampu meredam ISI yang paling baik (ISI LMS=52.54% & ISI RLS=53.02%).
7. Sistem equalisasi adaptif pada QPSK akan cepat konvergen dengan jumlah bit bobot adaptasi yang lebih sedikit karena mampu menyesuaikan dengan periode perubahan kanal *time varying*. Namun untuk mendapatkan grafik MSE yang stabil, maka jumlah bit bobot adaptasi optimum untuk algoritma LMS adalah adaptasi setiap 4 bit dan untuk algoritma RLS adalah adaptasi setiap 10 bit.
8. Semakin besar beda fase yang dihasilkan carrier recovery maka semakin besar nilai ISI yang dihasilkan sistem. Dan diantara kedua algoritma, RLS memiliki kemampuan yang baik dalam menyesuaikan dengan perbedaan fase diatas 45 derajat dibandingkan LMS. Sedangkan dibawah 45 derajat, algoritma LMS lebih baik daripada algoritma RLS



## 5.2 SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut jika equalisasi adaptif diterapkan pada level modulasi digital yang lebih tinggi, misal : 8 PSK dan 16 PSK.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut jika equalisasi adaptif digunakan pada sistem modulasi adaptif.
3. Perlu adanya penelitian yang lanjut jika kondisi *forgetting factor* ( $\lambda$ ) pada RLS maupun parameter step-size pada LMS dengan orde filter dan jumlah bit adaptasi yang nilainya adaptif terhadap perubahan kanal dan noise.





## DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Advanced Digital Signal Processing, Theory and Application.*
- [2] Dani, Irfandi N. 2005. *Analisa Perbandingan Skema MMSEC dan Adaptive Combining Pada MC-CDMA Downlink*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, STT Telkom
- [3] Erwin. 1999. *Simulasi Modulasi QPSK Selubung Konstan*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, STT Telkom, Bandung
- [4] Haykin, Simon. 1996. *Adaptive Filter Teory*. New Jersey. Prentice-Hall International, Inc.
- [5] Haykin, Simon. 2001. *Communication System*. John Wiley & Sons, Inc.
- [6] Lai, Hung-Quoc. 2005. *An Adaptive Equalizer Using The Least Mean Square (LMS) Algorithm (Simulation Project 1)*, Department of Electrical and Computer Engineering, University of Maryland
- [7] Lutfi, Harunul. 2006. *Analisis Sistem Equalisasi Adaptif Pada Demodulator QPSK Dengan Algoritma LMS dan Time Varying LMS*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro STT Telkom.
- [8] *Modul Praktikum Elektronika Komunikasi*, Laboratorium Elektronika Komunikasi, STT Telkom, Bandung.
- [9] *Modul Praktikum Sistem Komunikasi*, Laboratorium Sistem Komunikasi, STT Telkom, Bandung
- [10] Pratikno, Wahyu. 2005. *Simulasi Equalisasi Adaptif Dengan Menggunakan Algoritma LMS Pada QPSK*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, STT Telkom, Bandung
- [11] Ramasami, Vijaya Chandrani. *Fractionally Spaced, Kalman and Lattice Equalizer*.
- [12] Rappaport, Theodore S. 1996. *Wireless Communications Principle & Practice*. New Jersey. Prentice-Hall, Inc.
- [13] R.E Ziemer and R.L Peterson. 1985. *Digital Communication and Spread Spectrum System*

- [14] Saputro, Ariyanto W. 2006. *Simulasi Equalisasi Adaptif dengan Menggunakan Algoritma Recursive Least Square (RLS) pada QPSK*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro STT Telkom.
- [15] Tato, Luís. M and Miranda, Henrique C. *Simulation of an RLS Adaptive Equalizer using Simulink*. Department of Electrical and Computer Engineering School of Engineering, University of Porto.
- [16] Valkama, Mikko. *Statistical Signal Processing Principles with Applications to Communication Receiver Signal Processing*.
- [17] Wijanto, Heroe. *Materi Kuliah: Sistem Komunikasi, Spektral Tersebar*, Laboratorium Sistem Komunikasi, STT Telkom
- [18] Zulfi. *Analisa Kinerja Sistem Penerima DS-CDMA Menggunakan Adpatif Equalizer Pada Kanal Fading Reyleigh*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, STTTelkom, Bandung

